Aus dem Institut für Veterinär-Pathologie der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. W. Renk

und dem Max-Planck-Institut für Tierzucht und Tierernährung
Mariensee/Trenthorst
Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. M. Witt

Gewichte, Faserdicken und Kernzahlen des Herzmuskels und deren Beziehungen zu Körpergewicht und Skelettmuskelmasse bei 205 Tage alten, 5 Rassen zugehörigen Schweinen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

BERND RÜHL
Tierarzt aus Berlin

Berlin 1970
Journal-Nr. 687

Gedruckt mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. K. Bronsch

Referent: Prof. Dr. K. Dämmrich

Koreferent: Prof. Dr. F. Preuss

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 2. 1970

Veröffentlicht im „Zentralblatt für Veterinärmedizin", Reihe A, Band 18.
Heft 2, Seite 151—173.
© 1971. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung 151

II. Schrifttum 151

1. Herzgewicht 152

2. Faserdicke 153

3. Beziehungen zwischen Zellkernen und Muskelfasern 154

III. Eigene Untersuchungen 154

1. Material 154

2. Methodik 156

3. Gewichtsbestimmungen 157

4. Korrelation zwischen dem Körpergewicht und dem relativen Kammergewicht .. 160

5. Histometrische Untersuchungen 161

6. Korrelation zwischen dem Gewicht und der Faserdicke in der rechten und linken Herzkammer 163

7. Korrelation zwischen Kernzahl und Faserdicke 165

IV. Diskussion 166

Zusammenfassung 170

Literaturverzeichnis 172

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548902_0060

Zbl. Vet. Med. A, 18, 151—173 (1971)
© 1971 Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

Aus dem Institut für Veterinär-Pathologie der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. W. Renk

und dem Max-Planck-Institut für Tierzucht und Tierernährung
Mariensee/Trenthorst
Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. M. Witt

Gewichte, Faserdicken und Kernzahlen des Herzmuskels und deren Beziehungen zu Körpergewicht und Skelettmuskelmasse bei 205 Tage alten, 5 Rassen zugehörigen Schweinen*)

Von

Bernd Rühl

Mit 5 Abbildungen und 22 Tabellen

(Eingegangen am 26. Februar 1970)

Das akute Kreislaufversagen ist bei Schweinen eine häufige Todesursache. Besonders die frühreifen Fleischrassen, wie das Piétrain-Schwein und das Schwein der Deutschen Landrasse, sind gegenüber Kreislaufbelastungen wenig widerstandsfähig. Die bei diesen Schweinerassen häufig zu beobachtende Herzinsuffizienz ist nicht identisch mit dem früher als „plötzlicher Herztod" beschriebenen Krankheitsbild.

Durch die Bestimmung der Herzgewichte sowie der Faserdicken und der Kernzahlen im Myokard bei Schweinen der Deutschen Landrasse, Piétrain-Schweinen, Deutschen Weideschweinen, Mangalitza-Schweinen und Zwergschweinen sollte geprüft werden, ob sich mit morphologischen Untersuchungsmethoden konstitutionelle Unterschiede in der Ausbildung des Herzens erfassen lassen, die die geringe Belastungsfähigkeit bei den frühreifen Fleischrassen erklären.

I. Schrifttum

Kardial bedingte Kreislauffunktionsstörungen treten bei Schweinen häufiger als bei anderen Tierarten auf. Die geringe Belastungsfähigkeit des Schweineherzens wird mit dem kleinen relativen Herzgewicht, der schlechten subendokardialen Blutversorgung des Myokards, dem weitmaschigen Herzgefäßsystem und dem ungünstigen Verhältnis zwischen Systolen- und Diastolendauer erklärt (Spörri, 1954; v. Engelhardt, 1963). Dabei weist Spörri darauf hin, daß beim Schwein mit relativ dicken Muskelfasern der Austausch Sauerstoff-Kohlendioxyd langsamer erfolgt als bei anderen Tierarten mit dünneren Fasern.

*) Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Dementsprechend sind bei den morphologischen Untersuchungen zur Pathogenese des akuten kardialen Kreislaufversagens beim Schwein vor allem Herzgewicht und Faserdicke bestimmt worden.

1. Herzgewicht

Die Entwicklung des Herzens ist altersabhängig. Bei Ferkeln vergrößert sich das Herzgewicht in den ersten vier Lebenswochen 5,7mal. In diesem Zeitraum nimmt das Körpergewicht durchschnittlich aber nur um das 4,4fache zu, so daß innerhalb der ersten vier Lebenswochen der Herzanteil am Körpergewicht von 0,61 auf 0,82 % ansteigt. Dagegen sinkt bei erwachsenen Schweinen der Herzanteil bis auf 0,31 % ab, da das Körpergewicht proportional mehr zunimmt als das Herzgewicht (Holub, Flika, Jezkova u. Padalikova, 1966). Auch nach Illy (1924) beträgt das relative Herzgewicht bei erwachsenen Schweinen nur noch 0,30 % und bei Schlachtschweinen 0,38 % des Lebendgewichtes. Gegenüber den Gebrauchskreuzungen liegt das relative Herzgewicht beim Mangalitza-Schwein um 10 % höher. Bei ungarischen Schweinen im Alter von 6 Monaten, einem Jahr, zwei Jahren und über zwei Jahren wiegt das Herz 200 g, 270 g, 450 g bzw. 500 g.

Schröder (1921) hat die absoluten und relativen Herzgewichte für den Eber mit 296 g und 0,267 %, für die Sau mit 236 g und 0,235 % und für den kastrierten Eber mit 266 g und 0,280 % angegeben.

Da bei den meisten geschlachteten oder verendeten und sezierten Schweinen das Lebensalter nicht zu ermitteln ist, haben die Untersucher als Bezugssystem das Körpergewicht als Ersatz für die fehlende Altersangabe eingeführt. Dabei muß zwangsläufig die unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit vernachlässigt werden.

Renk (1951 u. 1952) bestimmte das relative Herzgewicht von 100 sezierten, an verschiedenen Todesursachen verendeten Schweinen mit 0,25—0,9 % des Lebendgewichtes, wobei er für Ferkel bis zu 0,9 %, für Läuferschweine 0,4—0,5 % und für Schweine mit höheren Gewichtsklassen 0,3—0,35 % angibt. Auch Renk weist darauf hin, daß beim Mastschwein die Entwicklung des Herzgewichtes nicht mit der Körperentwicklung parallel verläuft.

Dem Körpergewicht als Bezugssystem haftet aber noch ein weiterer Mangel an. Es ist infolge des unterschiedlichen Fettansatzes bei Schweinen nur beschränkt als Ersatz für die fehlende Altersangabe anwendbar. Daher hat man versucht, ein geeigneteres Bezugssystem für die Beurteilung der relativen Größe des Herzens einzuführen.

Semmler (1913) zeigte, daß mit Zunahme der Rumpflänge, der Brustlänge, der Brusttiefe und der inneren Brustmasse das Schweineherz gleichfalls an Gewicht zunimmt.

Glaus (1958) und Stünzi, Teuscher und Glaus (1959) haben Messungen an einem Sektionsmaterial von 102 Schweinen vorgenommen, wobei die statistische Auswertung der Herzgewichte bei Stünzi, Teuscher und Glaus auf Schweine bis 75 kg und bei Glaus sogar auf Schweine bis 50 kg Körpergewicht beschränkt wurde. Sie haben das Untersuchungsmaterial nach der Körperlänge (Scheitel-Steißbein-Länge) in drei Gruppen eingeteilt, die Körperlänge in Beziehung zum Körpergewicht gesetzt und aus der Körperlänge ein „theoretisches Körpergewicht" ermittelt. Von ihnen wird das relative Herzgewicht für kleine Ferkel (25—40 cm Körperlänge) mit 8,3 g/kg Körpergewicht (7,6 g/kg theoretisches Körpergewicht), für mittlere Ferkel (41—70 cm Körperlänge) mit 5,0 g/kg Körpergewicht (5,0 g/kg theor. Körpergewicht) und für größere Schweine (71—100 cm Körperlänge) mit 4,3 g/kg Körpergewicht (4,1 g/kg theor. Körpergewicht) angegeben.

2. Faserdicke

Die Untersuchungen über die Faserdicke im Herzmuskel des Schweines sind vor allem unter dem Gesichtspunkt der Sauerstoffversorgung der Muskelfaser durchgeführt worden. Mit der Dickenzunahme der Herzmuskelfaser vergrößert sich das Volumen stärker als die Oberfläche, wodurch die Sauerstoffaufnahme wesentlich langsamer als in dünnen Fasern erfolgt, deren relativ große Oberfläche einem kleineren Volumen gegenübersteht (Linzbach, 1947).

Für die Messungen der Faserdicke sind indirekte und direkte Methoden angewendet worden. Bei den indirekten Methoden wird die Anzahl von Faserquerschnitten in einem definierten Meßfeld ausgezählt. Bei den direkten Methoden wird dagegen die Faserdicke mit einem Okularmikrometer direkt an quer- oder längsgeschnittenen Fasern gemessen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch den ungleichmäßigen Faserverlauf bedingt, in den histologischen Schnitten weder ideale Querschnitte noch gleichmäßige Längsschnitte der Herzmuskelfasern vorkommen.

Weiterhin ist bei der Auswertung der im Schrifttum angegebenen Werte für die Faserdicke zu beachten, aus welchen Lokalisationen das Material für die histologischen Untersuchungen entnommen wurde. So hat Scheele (1957) beispielsweise ihre Zählungen der Faserquerschnitte an herzspitzennahen Abschnitten aus den Papillarmuskeln durchgeführt. Gartenmann (1960) dagegen benutzte für seine Messungen Querschnitte durch die vordere Hälfte des Herzens in Höhe der größten Wölbung der Herzkammern. Bei anderen Autoren finden sich oft keine Angaben über die Probenentnahme aus dem Herzen. Nach Linzbach (1947 u. 1950) und Hort (1951) können am menschlichen Herzen Proben aus den vorderen Papillarmuskeln der rechten und linken Herzkammer repräsentativ für die Gesamtmuskelmasse der entsprechenden Kammer angesehen werden.

Mit der Methode der indirekten Messung hat Scheele (1957) die Herzmuskelfaserdicke bei 15 Schlachtschweinen im Alter von 6 Monaten bis $1^1/_2$ Jahren bestimmt. Sie zählte die Faserquerschnitte in einem Meßfeld von 36 mm^2 aus. Dabei stellte sie fest, daß die Faserdicke in der rechten Herzkammer geringer ist als in der linken. Weiterhin zeigte sie, daß bei der Gruppe der jüngeren Schweine (6—9 Monate) in allen Herzabschnitten die Muskelfasern dünner waren als bei der Gruppe der älteren Schweine (1—$1^1/_2$ Jahre). Auch die Befunde von Michel (1963) bestätigen diese Ergebnisse.

Direkte Messungen der Herzmuskelfaserdicke hat Gartenmann (1960) an dem gleichen Schweinematerial durchgeführt, welches Stünzi, Teuscher und Glaus (1959) für ihre Untersuchungen benutzten. Mit Hilfe eines Meßokulars wurde bei 1200facher Vergrößerung an längsgetroffenen Fasern gemessen. Er stellte dabei fest, daß die rechtsseitigen Fasern um 9,5 % dünner waren als die linksseitigen. Die untersuchten Schweineherzen wiesen folgende mit der Körperlänge zunehmende Faserbreiten auf: linke Kammer 4,9—9,2 μm, rechte Kammer 4,5—8,3 μm. Obwohl Gartenmann bei seinen Untersuchungen nur über acht Tiere verfügte, deren Körperlängen über 80 cm lagen, nimmt er an, daß 10 μm die obere Grenze der Faserbreite auch für ältere Schweine sei. Schiebler (1953) gibt ebenfalls an, daß die Herzmuskelfasern von Rind, Schwein, Hund und Katze durchschnittlich 10 μm dick sind.

Eine wesentlich größere Faserdicke hat dagegen Werner (1910) nach der Untersuchung von nur einem Schweineherzen ohne Altersangabe ermittelt. Sie weist darauf hin, daß die Faserdicke in diesem Herzen erheblichen Schwankungen unterworfen war und teilt folgende Meßwerte mit: linke Kammer 12—24 μm, rechte Kammer 9—34 μm.

Eine altersabhängige Zunahme der Faserdicke hat Renk (1951) an seinem Sektionsmaterial nachgewiesen. Bei jüngeren Ferkeln waren die Fasern mit

3 µm nicht dicker als die Kerne. Mit zunehmendem Alter nahm die Faserdicke erheblich zu, bei Jungtieren betrug sie 7 µm und bei älteren Schweinen 17 µm.

Michel (1963 u. 1966) hat als durchschnittliche Faserdicke in der rechten Kammer bei einem 7 Tage alten Ferkel 4,2 µm, bei einem 7 Wochen alten Ferkel 5,4 µm und bei einem 3 Monate alten Läufer 7,5 µm angegeben. Er bestätigte damit für Schweine bis zu 3 Monaten die Messungen von Gartenmann (1960). Mit 17,7 µm Faserdicke bei Schlachtschweinen fand Michel aber erheblich höhere Werte als Gartenmann sie für möglich gehalten hat. Innerhalb eines Herzens bestanden nur geringgradige Unterschiede in der Dicke der Herzmuskelfasern. Die auffallenden Unterschiede der Faserdicken bei Schlachtschweinen hat Michel damit zu erklären versucht, daß das Wachstum dieser Tiere bei der Schlachtung noch nicht abgeschlossen gewesen ist.

3. Beziehungen zwischen Zellkernen und Muskelfasern

Mit der Morphologie der Zellkerne im Myokard des Schweines haben sich verschiedene Untersucher beschäftigt. Dabei ist von Renk (1951) und Michel (1963) festgestellt worden, daß bei Ferkeln ein gleichmäßiges Kernbild besteht, bei Schlachtschweinen die Vielgestaltigkeit der Kernformen vorherrscht und bei alten Mutterschweinen und Ebern das Kernbild wieder gleichmäßiger wird. Besonders die fast regelmäßig vorkommenden Kernketten sind wiederholt untersucht und als physiologische Arteigentümlichkeit (Solger, 1900; Cohrs, 1940; Fischer, 1943), als Kompensationsversuch bei Myokardbelastungen (Renk, 1951; Schulz, 1958; Michel, 1963) oder als krankhafte Veränderungen des Myokards (Gartenmann, 1960) gedeutet worden.

Quantitative Untersuchungen über das Verhältnis zwischen Zellkernen und Muskelfaserdicke bei Schweinen hat nur Michel (1963) durchgeführt, indem er in einem definierten Meßfeld die Zellkerne zählte. Er fand die höchste Kernzahl pro Meßfeld bei Ferkeln, die niedrigste bei älteren Mutterschweinen. Dabei wird die größere Anzahl der Kerne bei Jungtieren durch die geringe Faserdicke und durch eine dichtere Lagerung der Fasern bewirkt.

Mit der Zunahme der Faserdicke ändert sich auch die Form der Zellkerne. Gartenmann (1960) hat die Länge der Zellkerne in Beziehung zur Faserdicke gesetzt und beobachtet, daß mit zunehmender Faserdicke sich die Zellkerne abrunden.

II. Eigene Untersuchungen

1. Material

Die Untersuchungen wurden an 33 Schweinen der Deutschen Landrasse, 34 Piétrain-Schweinen, 49 Deutschen Weideschweinen, 21 Mangalitza-Schweinen und 37 Zwergschweinen durchgeführt. Dabei wurden sowohl Sauen als auch kastrierte Eber in die Untersuchungen einbezogen.

Die Schweine der *Deutschen Landrasse* und die *Piétrain-Schweine* verkörpern den Typ des frühreifen Fleischschweines, das überdurchschnittlich fleischwüchsig ist und einen geringen Fettansatz zeigt. Dabei ist die Fleischbildung beim Piétrain-Schwein noch ausgeprägter als bei den Schweinen der Deutschen Landrasse. Die untersuchten Schweine der Deutschen Landrasse entstammten bis auf einen Zweitwurf alle Erstlingswürfen von Sauen aus dem Bestand des Max-Planck-Institutes für Tierzucht und Tierernährung. Die Piétrain-Sauen waren über die Zuchtverbände gekauft worden. Die untersuchten Tiere stammten alle aus Erstlingswürfen.

Dem Typ des spätreifen Fettschweines entsprechen die alten Landrassen, die nach langsamer Jugendentwicklung und intensiver Ausmast einen hohen

Speckanteil liefern (HARING, 1961). Als Repräsentanten sind *Deutsche Weideschweine* und *Mangalitza-Schweine* untersucht worden. Die Weideschweine stammten aus Erstlingswürfen, die Mangalitza-Schweine aus 4 Erstlingswürfen und 3 Zweitwürfen. Die Mangalitza-Sauen*) waren vom Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen zur Verfügung gestellt worden.

Als Kontrolltiere eines extremen Rassetyps sind *Zwergschweine**) mit untersucht worden, die vom Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen gezüchtet werden. Alle Tiere entstammten Erstlingswürfen, wobei bald der Typ des Minnesota-Schweines bald der Typ des Hängebauchschweines deutlicher hervortrat.

Alle Tiere wurden mit 8 Wochen abgesetzt und in Einzeltierhaltungen mit einem Futter ad libitum gefüttert, das in seiner Zusammensetzung den Richtlinien der Mastprüfungsanstalten entsprach.

Am 100., 150. und 190. Tag wurden die Tiere belastet, indem sie auf einem mit 3,6 Stundenkilometer abrollenden Band einen Kilometer laufen mußten. Die Laufbedingungen wurden bei 15 °C und 65 % Luftfeuchtigkeit konstant gehalten.

Die Tiere wurden zwischen dem 202. bis 209. (im Mittel 205.) Tag geschlachtet.

Das *Körpergewicht* der Schweine wurde vor der Schlachtung bestimmt. Dabei zeigte sich, daß die als spätreif angesehenen Deutschen Weideschweine mit einem Körpergewicht von 115 kg im Mittelwert höher lagen als die Schweine der Deutschen Landrasse mit 105 kg. Es folgten die Piétrain-Schweine mit 88 kg, die Mangalitza-Schweine mit 80 kg vor den Zwergschweinen mit 38 kg Körpergewicht. Die Körpergewichte aller fünf Rassen unterscheiden sich signifikant voneinander (Tab. 1).

Nach der Schlachtung wurden die Schweine handelsüblich zerlegt und die einzelnen Anteile einer Körperhälfte gewogen. Die Summe der ermittelten Gewichte des Fleisch- und Knochenanteils von Kamm, Schulter und Kotelett, des Fleischanteils des Schinkens sowie des Filets wurden als *theoretischer Fleischanteil* bezeichnet und mit dem Herzgewicht verglichen.

Die *Fleischanteile* ergaben gut vergleichbare Werte zwischen den einzelnen Rassen. Die frühreifen Fleischschweine (Deutsche Landrasse u. Piétrain) lagen mit durchschnittlich 18,23 bzw. 17,71 kg Fleischanteil signifikant höher

Tabelle 1
Körpergewicht in kg

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	105	± 9	92 - 128
Piétrain	34	88	± 9	71 - 108
Deutsches Weideschwein	49	115	± 8	98 - 130
Mangalitza	21	80	± 11	61 - 96
Zwergschwein	37	38	± 8	21 - 50

Tabelle 2
Fleischanteil in kg

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	29	18,23	± 0,93	16,06 - 20,27
Piétrain	32	17,71	± 1,28	15,13 - 19,62
Deutsches Weideschwein	48	15,70	± 1,53	12,98 - 19,14
Mangalitza	21	10,62	± 1,52	8,76 - 14,73
Zwergschwein	37	5,07	± 0,84	3,34 - 6,28

*) Herrn Professor Dr. HARING danken wir für die Überlassung der Elterntiere.

als die anderen Rassen. Der Unterschied im Fleischansatz zwischen den Schweinen der Deutschen Landrasse und den Piétrain-Schweinen ist nicht signifikant. Dagegen unterscheiden sich die Fleischanteile der anderen Rassen signifikant (siehe Tab. 2).

2. Methodik

Die Schweine wurden nach CO_2-Betäubung durch Entbluten getötet. Die unmittelbar nach der Schlachtung entnommenen Herzen wurden im Herzbeutel belassen und hängend etwa 30 Stunden in einer feuchten Kammer bei +4 °C bis zur Lösung der Totenstarre aufbewahrt. Die durch einen die rechte und linke Herzkammer eröffnenden Schnitt halbierten Herzen wurden freihängend 8 Tage in 7 %igem Formalin fixiert.

Gewichtsbestimmungen

Bestimmt wurden das Gesamtgewicht des Herzens *(Herzgewicht)*, das Gewicht beider Kammern nach Abtrennung der Vorkammern, der Gefäße und des Kranzfurchenfettes *(Kammergewicht)*, das Gewicht der Wandung der rechten Kammer nach Abtrennung vom Septum *(Gewicht des freien Anteils der rechten Herzkammer)* und das *Gewicht der linken Kammer einschließlich des Septums*.

Rechnerisch wurde der prozentuale Anteil der freien Wandung der rechten Kammer am Kammergewicht ermittelt.

Als *Bezugssystem* für die Auswertung der ermittelten Gewichte bot sich entsprechend dem Thema der Arbeit zunächst die Klassenbildung nach Rassen an. Der Altersfaktor konnte mit konstant 205 Tagen vernachlässigt werden.

Zum Ausgleich gegenüber den unterschiedlichen Körpergewichten der Einzeltiere in den Rassengruppen wurden Herz- und Kammergewichte in g/kg Körpergewicht umgerechnet. Weiterhin wurden die Herz- und Kammergewichte in g/kg theoretischer Fleischanteil dargestellt.

Histologische Untersuchungen

Längsgeschnittene Proben aus dem Musculus papillaris subauricularis der linken und aus dem Musculus papillaris magnus der rechten Herzkammer wurden in Paraffin eingebettet und etwa 7 μm dicke, mit Hämalaun-Eosin gefärbte Schnitte angefertigt.

Die *Faserdicke* wurde an 100 längsgetroffenen Faserabschnitten gemessen, indem mit dem Integrationsokular die Breite der Fasern fortlaufend festgehalten und durch die Anzahl der gemessenen Fasern geteilt wurde.

In 130 μm langen Abschnitten von 100 längsgeschnittenen Fasern wurde die *Anzahl der Zellkerne* gezählt. Die Plasmafläche wurde aus der Länge der Faserabschnitte als konstanter Größe multipliziert mit der vorher ermittelten Faserdicke und der Anzahl der ausgezählten Fasern errechnet. Durch Division der errechneten Plasmafläche durch die Anzahl der gezählten Kerne wurde die *Plasmafläche je Zellkern* ermittelt.

Statistische Untersuchungen

Zur Berechnung der notwendigen statitstischen Aussagen wurden für die durch die Rassen bestimmten Klassen die *arithmetrischen Mittel* ($\bar{x}$), *die Standardabweichungen* (s) und die *Variationsbreiten* bestimmt. Mit Hilfe der Varianzanalyse und den darauf basierenden multiplen Einzelvergleichen wurde die *Signifikanz* der einzelnen Merkmale zwischen den Rassen geprüft.

Für die dargestellten Verteilungsdiagramme wurden die Korrelationskoeffizienten sowie die Regressionsgeraden berechnet (Berechnungen nach Cavalli-Sforza [1969] und Weber [1967]).

3. Gewichtsbestimmungen

a) Absolutes Herzgewicht

Die Schweine der Deutschen Landrasse haben mit 335 g im Mittelwert die höchsten absoluten Herzgewichte, wobei die Herzgewichte zwischen 258 g und 396 g variieren. Die Herzgewichte der Deutschen Weideschweine unterscheiden sich mit einem Mittelwert von 319 g nicht signifikant von denen der Deutschen Landrasse. Mit 259 g als niedrigstem und 374 g als höchstem absolutem Herzgewicht streuen die Herzgewichte der Deutschen Weideschweine weniger als die der Deutschen Landrasse. Die Mittelwerte der absoluten Herzgewichte der anderen drei Rassen sind alle signifikant niedriger und unterscheiden sich auch signifikant voneinander. Mit 273 g folgt das Piétrain-Schwein, bei dem die absoluten Herzgewichte zwischen 219 g und 352 g variieren, vor dem Mangalitza-Schwein mit 213 g (niedrigstes Herzgewicht 172 g, höchstes 253 g) und dem Zwergschwein mit 122 g (niedrigstes 91 g, höchstes 172 g).

Tabelle 3
Absolutes Herzgewicht in g

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	335	± 32	258 - 396
Piétrain	34	273	± 31	219 - 352
Deutsches Weideschwein	49	319	± 30	259 - 374
Mangalitza	21	213	± 27	172 - 253
Zwergschwein	37	122	± 20	91 - 172

b) Relatives Herzgewicht
bezogen auf das Körpergewicht und den theoretischen Fleischanteil

Bei der Umrechnung der *Herzgewichte auf die Körpergewichte* zum besseren Vergleich zwischen den Rassen zeigt sich, daß die Schweine der Deutschen Landrasse und die Piétrain-Schweine mit 3,2 bzw. 3,1 g/kg Körpergewicht ein signifikant höheres relatives Herzgewicht haben als die Deutschen Weideschweine und die Mangalitza-Schweine mit 2,8 bzw. 2,7 g/kg Körpergewicht (Tab. 4). Die Variationsbreiten gleichen sich bei diesen vier Rassen weitgehend. Das Zwergschwein steht mit einem relativen Herzgewicht von 3,3 g/kg Körpergewicht noch von allen Rassen am günstigsten da, jedoch variieren die relativen Herzgewichte von 2,6 bis 5,2 g/kg Körpergewicht beträchtlich.

Bezieht man aber die *absoluten Herzgewichte auf den theoretischen Fleischanteil*, so ergibt sich, daß die Piétrain-Schweine mit 15,5 g/kg Fleischanteil im Mittelwert signifikant am niedrigsten liegen, wobei sich die relativen Herzgewichte bezogen auf den Fleischanteil zwischen 12 und 18 g/kg Fleischanteil bewegen (siehe Tab. 5). Die Schweine der Deutschen Landrasse haben mit 18,4 g/kg Fleischanteil im Mittelwert ein signifikant höheres relatives Herzgewicht, wobei hier der niedrigste Wert 15, der höchste 21 g/kg Fleischanteil ist.

Die relativen Herzgewichte bezogen auf die Fleischanteile der spätreifen Rassen Deutsches Weideschwein und Mangalitza-Schwein sind mit 20,4 bzw.

Tabelle 4
Relatives Herzgewicht in g/kg Körpergewicht

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	3,2	± 0,3	2,6 - 3,9
Piétrain	34	3,1	± 0,3	2,6 - 3,9
Deutsches Weideschwein	49	2,8	± 0,3	2,1 - 3,7
Mangalitza	21	2,7	± 0,3	2,3 - 3,7
Zwergschwein	37	3,3	± 0,5	2,6 - 5,2

20,2 g/kg Fleischanteil im Mittelwert signifikant höher als die der frühreifen, auf Fleischansatz gezüchteten Schweine der Deutschen Landrasse und der Piétrain-Schweine. Die Variationsbreiten der Deutschen Weideschweine mit 14—25 g/kg Fleischanteil und der Mangalitza-Schweine mit 13—28 g/kg Fleischanteil sind bedeutend höher als die der Schweine der Deutschen Landrasse und der Piétrain-Schweine. Das Zwergschwein hat mit 24,1 g/kg Fleischanteil des signifikant höchste relative Herzgewicht, wobei dieses bei den einzelnen Tieren zwischen 18 und 30 g/kg Fleischanteil variiert.

Tabelle 5

Relatives Herzgewicht in g/kg Fleischanteil

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	29	18,4	± 1,9	15 - 21
Piétrain	32	15,5	± 1,2	12 - 18
Deutsches Weideschwein	48	20,4	± 2,2	14 - 25
Mangalitza	21	20,2	± 3,1	13 - 28
Zwergschwein	37	24,1	± 2,9	18 - 30

c) Absolutes Kammergewicht

Durch die eindeutige Schnittführung bei der Abtrennung der Herzkammern von den Vorkammern eignen sich die Kammergewichte besonders gut für Vergleiche. Die Bestimmung der Herzgewichte ist immer ungenau, da eine reproduzierbare Schnittführung an den Abgangsstellen der Gefäße aus den Vorhöfen viel schwieriger ist.

Die absoluten Kammergewichte aller fünf Rassen unterscheiden sich signifikant (Tab. 6). Dabei haben die Schweine der Deutschen Landrasse mit einem Mittelwert von 291 g die höchsten Kammergewichte, welche zwischen 226 g und 354 g streuen. Wie bei den absoluten Herzgewichten folgen die Deutschen Weideschweine mit einem Mittelwert von 272 g (Variationsbreite 220—315 g) vor den Piétrain-Schweinen mit 223 g (Variationsbreite 184 bis 301 g), den Mangalitza-Schweinen mit 183 g (Variationsbreite 152—220 g) und den Zwergschweinen mit 105 g (Variationsbreite 78—149 g).

Tabelle 6

Absolutes Kammergewicht in g

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	291	± 28	226 - 354
Piétrain	34	233	± 27	184 - 301
Deutsches Weideschwein	49	272	± 26	220 - 315
Mangalitza	21	183	± 22	152 - 220
Zwergschwein	37	105	± 17	78 - 149

d) Relatives Kammergewicht bezogen auf das Körpergewicht und den theoretischen Fleischanteil

Die relativen Kammergewichte bezogen auf das Körpergewicht (Tab. 7) sowie auf den theoretischen Fleischanteil (Tab. 8) zeigen die gleichen Verhält-

Tabelle 7

Relatives Kammergewicht in g/kg Körpergewicht

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	2,8	± 0,3	2,3 - 3,4
Piétrain	34	2,7	± 0,3	2,3 - 3,3
Deutsches Weideschwein	49	2,4	± 0,3	1,8 - 3,1
Mangalitza	21	2,3	± 0,2	2,0 - 3,2
Zwergschwein	37	2,8	± 0,5	2,2 - 4,5

Tabelle 8
Relatives Kammergewicht in g/kg Fleischanteil

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	29	15,7	± 1,6	13 - 19
Piétrain	32	13,3	± 1,1	12 - 16
Deutsches Weideschwein	48	17,4	± 1,9	12 - 21
Mangalitza	21	17,5	± 2,5	12 - 24
Zwergschwein	37	21,0	± 2,6	16 - 26

nisse wie die relativen Herzgewichte. Jedoch liegen sämtliche Werte niedriger, und vor allem sind die Variationsbreiten und die Standardabweichungen geringer. Die Signifikanzen verhalten sich wie bei den relativen Herzgewichten.

e) Gewicht der linken Kammer einschließlich des Septums

Wie bei den absoluten Herzgewichten unterscheiden sich die Mittelwerte der Gewichte der linken Kammer einschließlich des Septums (Tab. 9) bei den Schweinen der Deutschen Landrasse mit 222 g und den Deutschen Weideschweinen mit 209 g nicht signifikant, wobei auch hier wieder die Variationsbreite bei den Deutschen Weideschweinen mit 169—248 g geringer ist als bei den Schweinen der Deutschen Landrasse mit 168—264 g. Die Gewichte der linken Kammer einschließlich des Septums der anderen Rassen liegen alle signifikant niedriger und unterscheiden sich auch signifikant untereinander. Es folgen die Piétrain-Schweine mit 178 g vor den Mangalitza-Schweinen mit 142 g und den Zwergschweinen mit 81 g im Mittelwert.

Tabelle 9
Gewicht der linken Kammer einschließlich des Septums in g

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	222	± 21	168 - 264
Piétrain	34	178	± 21	143 - 232
Deutsches Weideschwein	49	209	± 21	169 - 248
Mangalitza	21	142	± 19	116 - 184
Zwergschwein	37	81	± 13	59 - 118

f) Gewicht des freien Anteils der rechten Kammer

Wie schon bei dem absoluten Herzgewicht und dem Gewicht der linken Kammer einschließlich des Septums haben die Schweine der Deutschen Landrasse auch bei dem freien Anteil der rechten Kammer mit 69 g im Mittelwert die höchsten Gewichte (Tab. 10). Jedoch unterscheiden sich hier sämtliche Werte signifikant voneinander. Es folgt auch hier das Deutsche Weideschwein mit 63 g vor dem Piétrain-Schwein mit 56 g, dem Mangalitza-Schwein mit 41 g und dem Zwergschwein mit 24 g.

Tabelle 10
Gewicht des freien Anteils der rechten Kammer in g

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	69	± 9	55 - 90
Piétrain	34	56	± 8	41 - 73
Deutsches Weideschwein	49	63	± 6	51 - 78
Mangalitza	21	41	± 6	34 - 49
Zwergschwein	37	24	± 4	17 - 34

g) Freier Anteil der rechten Kammer am Kammergewicht in %

Der prozentuale Anteil des freien Teils der rechten Kammer am Kammergewicht ist bei den Piétrain-Schweinen mit 23,9 % im Mittelwert am höchsten

Tabelle 11

Freier Anteil der rechten Kammer am Kammergewicht in %

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	23,7	± 1,4	21,3 - 25,7
Piétrain	34	23,9	± 1,5	21,7 - 28,0
Deutsches Weideschwein	49	23,2	± 1,2	20,8 - 26,4
Mangalitza	21	22,3	± 2,0	16,4 - 24,9
Zwergschwein	37	22,6	± 1,8	19,8 - 27,3

(Tab. 11), es folgen die Schweine der Deutschen Landrasse mit 23,7 %, die Deutschen Weideschweine mit 23,2 %, die Zwergschweine mit 22,6 % und die Mangalitza-Schweine mit 22,3 %. Diese Werte liegen alle sehr dicht zusammen. So bestehen lediglich zwischen dem Mittelwert der Mangalitza-Schweine und dem der Schweine der Deutschen Landrasse und der Piétrain-Schweine, sowie zwischen dem der Zwergschweine und dem der Piétrain-Schweine signifikante Unterschiede.

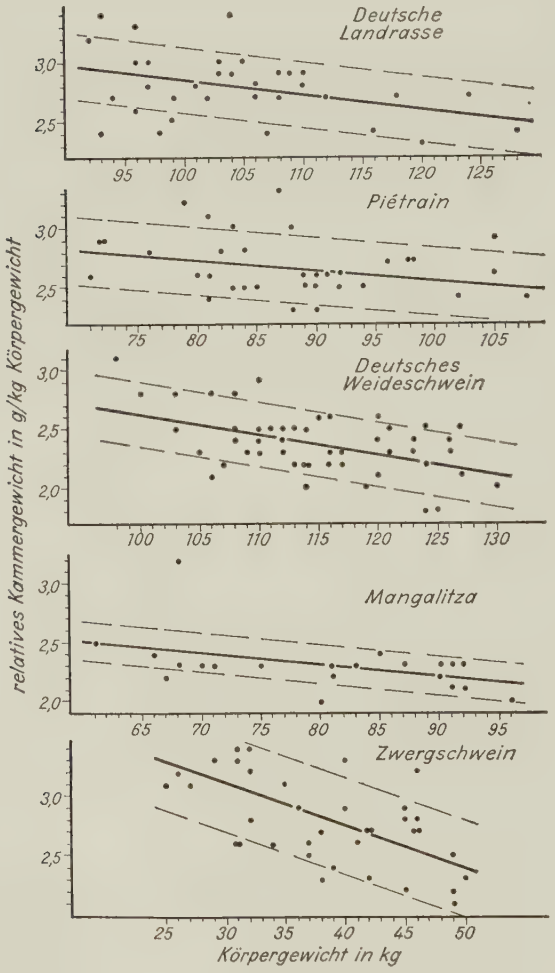

Abb. 1. Korrelation zwischen Körpergewicht und relativem Kammergewicht

4. Korrelation zwischen dem Körpergewicht und dem relativem Kammergewicht

Wie aus der Abbildung 1 zu ersehen ist, nimmt bei allen fünf Rassen mit steigendem Körpergewicht das relative Kammergewicht ab.

Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten ließ sich die Signifikanz dieser Korrelation bestimmen. Wie aus Tabelle 12 ersichtlich, ist bei den Piétrain-Schweinen diese Korrelation nicht signifikant. Jedoch ist zu erwarten, daß bei einer größeren Anzahl von Versuchstieren auch bei dieser Rasse die Korrelation signifikant werden würde, da die gleiche Tendenz wie bei den anderen Rassen vorhanden ist.

Tabelle 12

Prüfung der Korrelation zwischen dem Körpergewicht und dem relativen Kammergewicht

Rasse	n	Korrelations-koeffizient	Signifikanzschwelle bei 5 % | 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit		Signifikanz
Deutsche Landrasse	33	- 0,0060	0,3494	0,4487	nicht signifikant
Piétrain	34	+ 0,0241	0,3494	0,4487	" "
Deutsches Weideschwein	49	+ 0,3926	0,2875	0,3721	hoch signifikant
Mangalitza	21	- 0,1696	0,4329	0,5368	nicht signifikant
Zwergschwein	37	+ 0,6641	0,3246	0,4128	hoch signifikant

5. Histometrische Untersuchungen

a) Faserdicke in der Muskulatur der rechten Herzkammer

Die Mittelwerte der Faserdicken der rechten Herzkammer liegen bei allen fünf Rassen dicht zusammen (Tab. 13). Lediglich der höchste Mittelwert bei den Piétrain-Schweinen mit 12,8 μm unterscheidet sich signifikant von dem niedrigsten bei den Mangalitza-Schweinen mit 11,7 μm. Zwischen den anderen Faserdicken besteht kein signifikanter Unterschied. Die einzelnen Faserdicken innerhalb der Rassen streuen bei den Schweinen der Deutschen Landrasse zwischen 9,1 und 16,3 μm, bei den Piétrain-Schweinen zwischen 10,5 und 16,6 μm, bei den Deutschen Weideschweinen zwischen 11,1 und 16,5 μm, bei den Mangalitza-Schweinen zwischen 9,5 und 13,6 μm und bei den Zwergschweinen zwischen 10,1 und 14,5 μm.

Tabelle 13

Faserdicke der rechten Herzkammer in μm

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	12,4	± 1,5	9,1 - 16,3
Piétrain	34	12,8	± 1,3	10,5 - 16,6
Deutsches Weideschwein	49	12,7	± 1,2	11,1 - 16,5
Mangalitza	21	11,7	± 1,2	9,5 - 13,6
Zwergschwein	37	12,0	± 1,0	10,1 - 14,5

b) Faserdicke in der Muskulatur der linken Herzkammer

Die Schweine der Deutschen Landrasse haben mit 18,0 μm im Mittelwert die größten Faserdicken in der linken Herzkammer, wobei die Faserdicken zwischen 14,9 und 22,4 μm variieren (Tab. 14). Mit 17,4 μm ist der Mittelwert der Deutschen Weideschweine der nächstniedrige, gefolgt vom Mittelwert der Piétrain-Schweine mit 16,8 μm. Bei diesen beiden Rassen variieren die Faserdicken mit 14,8—22,1 μm bzw. 13,6—21,2 μm etwa im gleichen Bereich wie die Faserdicken der Schweine der Deutschen Landrasse. Mit 15,8 μm bzw. 15,9 μm liegen die Mittelwerte der Mangalitza-Schweine und der Zwergschweine am niedrigsten. Auch sind bei diesen beiden Rassen die Variationsbreiten mit 14,0—17,6 μm bzw. 13,2—17,2 μm beträchtlich geringer

Tabelle 14

Faserdicke der linken Herzkammer in μm

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	18,0	± 1,9	14,9 - 22,4
Piétrain	34	16,8	± 1,4	13,6 - 21,2
Deutsches Weideschwein	49	17,4	± 1,6	14,8 - 22,1
Mangalitza	21	15,8	± 0,7	14,0 - 17,6
Zwergschwein	37	15,9	± 0,9	13,2 - 17,2

als bei den anderen drei Rassen. Signifikante Unterschiede bestehen in den Faserdicken der linken Herzkammer zwischen dem höchsten Wert der Schweine der Deutschen Landrasse und den Piétrain-, Mangalitza- und Zwergschweinen, sowie zwischen der Faserdicke der Deutschen Weideschweine und der der Mangalitza-Schweine einerseits und der der Zwergschweine andererseits.

c) Kernzahl in der Muskulatur der rechten Kammer

Lediglich die Anzahl der Zellkerne in 100 Faserabschnitten von 130 μm Länge beim Mangalitza-Schwein ist mit 246 im Mittelwert signifikant höher als die Kernzahl der anderen vier Rassen (Tab. 15). Mit 193 als niedrigste und 358 als höchste Kernzahl haben die Mangalitza-Schweine etwa die gleiche Variationsbreite wie die Schweine der Deutschen Landrasse mit 139—306, die Piétrain-Schweine mit 121—282 und die Zwergschweine mit 147—302. Lediglich die Deutschen Weideschweine haben mit 114—248 eine geringere Variationsbreite. Die Mittelwerte der Schweine der Deutschen Landrasse mit 210, der Zwergschweine mit 206, der Piétrain-Schweine mit 197 und der Deutschen Weideschweine mit 189 unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Tabelle 15

Kernzahl je 100 Faserabschnitte von 130 μm Länge in der rechten Kammermuskulatur

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	210	± 36	139 - 306
Piétrain	34	197	± 37	121 - 282
Deutsches Weideschwein	49	189	± 34	114 - 248
Mangalitza	21	246	± 47	193 - 358
Zwergschwein	37	206	± 38	147 - 302

d) Kernzahl in der Muskulatur der linken Kammer

Die Mittelwerte der Kernzahlen der linken Kammermuskulatur aller fünf Rassen unterscheiden sich nicht signifikant, wenn auch hier wieder die Mangalitza-Schweine mit der Kernzahl 202 höher liegen als die anderen Rassen. In der linken Kammer ist die Variationsbreite der Deutschen Weideschweine mit 96—281 die größte, wogegen die Mangalitza-Schweine mit 152—262 die kleinste Variationsbreite haben. Die Schweine der Deutschen Landrasse mit 122—278, die Zwergschweine mit 150—298 und die Piétrain-Schweine mit 112—248 liegen dazwischen.

Tabelle 16

Kernzahl je 100 Faserabschnitte von 130 μm Länge in der linken Kammermuskulatur

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	177	± 39	122 - 278
Piétrain	34	179	± 29	112 - 248
Deutsches Weideschwein	49	179	± 37	96 - 281
Mangalitza	21	202	± 32	152 - 262
Zwergschwein	37	188	± 33	150 - 298

e) Plasmafläche je Kern in der rechten Kammermuskulatur

Die Plasmafläche je Kern der rechten Herzkammer ist bei den Mangalitza-Schweinen mit 637 μm^2 im Mittelwert am geringsten, wobei auch die Variationsbreite mit 418 μm^2 bis 769 μm^2 die kleinste von allen fünf Rassen

ist. Die Schweine der Deutschen Landrasse und die Zwergschweine haben 786 bzw. 781 μm^2 eine höhere Plasmafläche je Kern, auch variieren die Einzelwerte beider Rassen etwa im gleichen Bereich. Mit 902 bzw. 878 μm^2 Plasmafläche je Kern stehen die Deutschen Weideschweine und die Piétrain-Schweine am ungünstigsten da. Hier variieren die Einzelwerte mit 552—1482 bzw. 545—1336 μm^2 Plasmafläche je Kern am stärksten.

Da die Streuung der Plasmafläche je Kern bei allen fünf Rassen sehr hoch ist, besteht ein signifikanter Unterschied nur zwischen dem höchsten Mittelwert beim Deutschen Weideschwein und den beiden niedrigsten Werten beim Mangalitza-Schwein und beim Zwergschwein, sowie weiterhin noch zwischen dem Piétrain-Schwein und dem Mangalitza-Schwein.

Tabelle 17

Plasmafläche je Kern in der rechten Kammermuskulatur in μm^2

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	786	± 147	535 - 1137
Piétrain	34	878	± 196	545 - 1336
Deutsches Weideschwein	49	902	± 213	552 - 1482
Mangalitza	21	637	± 103	418 - 769
Zwergschwein	37	781	± 138	534 - 1064

f) Plasmafläche je Kern in der linken Kammermuskulatur

Auch in der linken Herzkammer ist die Plasmafläche je Kern mit 1040 μm^2 bei den Mangalitza-Schweinen am niedrigsten (Tab. 18). Das Zwergschwein liegt mit 1128 μm^2 Plasmafläche je Kern nur unwesentlich höher. Die Streuungen und Variationsbreiten dieser beiden Rassen sind enger als bei den anderen drei Rassen. Die Plasmafläche je Kern der Schweine der Deutschen Landrasse mit 1377 μm^2 und der Deutschen Weideschweine mit 1326 μm^2 liegen signifikant höher, wobei die Streuungen und die Variationsbreiten hier sehr groß sind. Die Piétrain-Schweine unterscheiden sich mit einer Plasmafläche je Kern von 1255 μm^2 nicht signifikant von den anderen vier Rassen.

Tabelle 18

Plasmafläche je Kern in der linken Kammermuskulatur in μm^2

Rasse	n	$\bar{x}$	s	Variationsbreite
Deutsche Landrasse	33	1377	± 303	844 - 1981
Piétrain	34	1255	± 225	818 - 1846
Deutsches Weideschwein	49	1326	± 309	740 - 2370
Mangalitza	21	1040	± 175	724 - 1394
Zwergschwein	37	1128	± 184	751 - 1430

6. Korrelation zwischen dem Gewicht und der Faserdicke der rechten und linken Herzkammer

Die Abbildung 2 zeigt die Korrelation zwischen dem Gewicht des freien Anteils der *rechten Herzkammer* und der Faserdicke der rechten Kammermuskulatur. Bei den Deutschen Weideschweinen und den Zwergschweinen ergibt sich, daß mit zunehmendem Gewicht der rechten Kammer auch die Faserdicke zunimmt. Diese Korrelation ist bei den beiden Rassen, die 49 bzw. 37 Versuchstiere pro Rasse haben, hoch signifikant (Tab. 19). Bei den Piétrain-Schweinen ist mit +0,0241 noch ein positiver Korrelationskoeffizient vorhanden, jedoch ist dieser nicht mehr signifikant. Die Schweine der Deutschen Landrasse und die Mangalitza-Schweine zeigen sogar negative Korrelationskoeffizienten, die aber ebenfalls nicht signifikant sind.

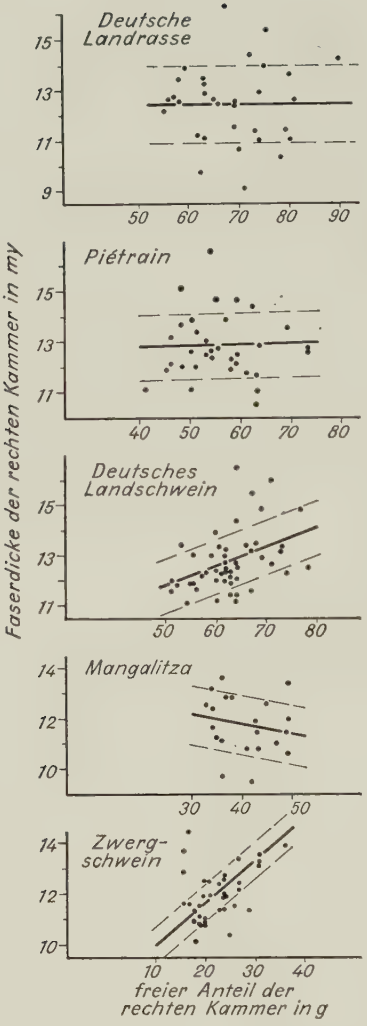

Abb. 2. Korrelation zwischen dem Gewicht und der Faserdicke der rechten Herzkammer

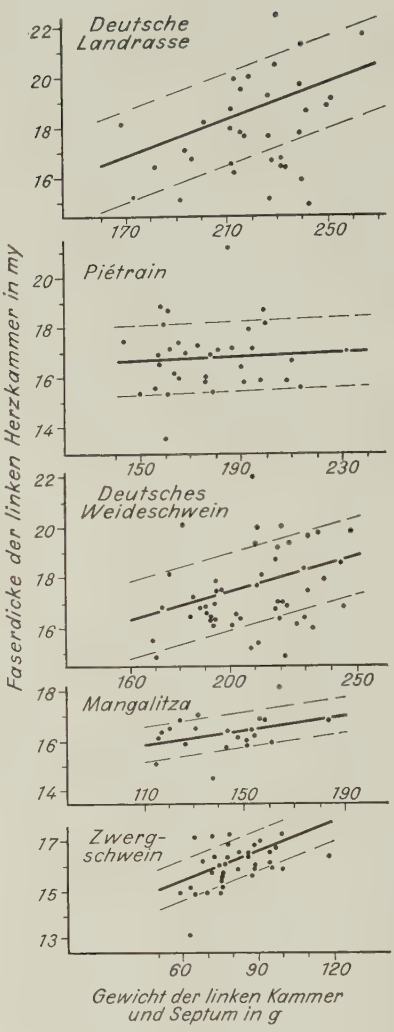

Abb. 3. Korrelation zwischen dem Gewicht und der Faserdicke der linken Herzkammer

Deutlicher ist der Zusammenhang zwischen Kammergewicht und Faserdicke in der linken Kammer zu erkennen (Abb. 3). Bei allen fünf Rassen ist mit zunehmendem Gewicht der linken Herzkammer einschließlich des Septums

Tabelle 19

Prüfung der Korrelation zwischen dem Gewicht und der Faserdicke der rechten Herzkammer

Rasse	n	Korrelationskoeffizient	Signifikanzschwelle bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit	1 %	Signifikanz
Deutsche Landrasse	33	+ 0,0556	0,3494	0,4487	nicht signifikanz
Piétrain	34	+ 0,1564	0,3494	0,4487	" "
Deutsches Weideschwein	49	+ 0,0478	0,2875	0,3721	" "
Mangalitza	21	- 0,1990	0,4329	0,5368	" "
Zwergschwein	37	- 0,1316	0,3246	0,4128	" "

Tabelle 20
Prüfung der Korrelation zwischen dem Gewicht und der Faserdicke der linken Herzkammer

Rasse	n	Korrelations-koeffizient	Signifikanzschwelle bei 5 % | 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit		Signifikanz
Deutsche Landrasse	33	+ 0,2994	0,3494	0,4487	nicht signifikant
Piétrain	34	+ 0,0587	0,3494	0,4487	" "
Deutsches Weideschwein	49	+ 0,3022	0,2875	0,3721	signifikant
Mangalitza	21	+ 0,3350	0,4329	0,5368	nicht signifikant
Zwergschwein	37	+ 0,4188	0,3246	0,4128	hoch signifikant

eine Zunahme der Faserdicke der linken Kammermuskulatur verbunden. Auf Grund der großen Streuungen und der geringen Anzahl von Versuchstieren ist auch hier nur die Korrelation der Deutschen Weideschweine und der Zwergschweine signifikant (Tab. 20). Bei größeren Versuchstierzahlen ist auf Grund der Tendenzen zu erwarten, daß bei allen Rassen signifikante Korrelationen zwischen den Kammergewichten und den Faserdicken vorhanden sind.

7. Korrelation zwischen Kernzahl und Faserdicke

Die Abbildungen 4 und 5 sollten klären, welche Beziehung zwischen der Faserdicke und der Anzahl der Kerne in einer Faser besteht. Es wurde dazu die Kernzahl in 100 Faserabschnitten von 130 μm Länge mit der Faserdicke korreliert. Dabei zeigt sich weder in der rechten noch in der linken Herzkammer ein deutlicher Zusammenhang. Aus den Tabellen 21 und 22 wird deutlich, daß bei keiner Rasse diese Korrelation signifikant ist.

Daraus läßt sich schließen, daß mit der Zunahme der Faserdicke die Zahl der Zellkerne konstant bleibt. Weiterhin ergibt sich daraus, daß mit zunehmender Faserdicke die Plasmafläche je Kern zunehmen muß.

Tabelle 21
Prüfung der Korrelation zwischen der Kernzahl und der Faserdicke der rechten Kammermuskulatur

Rasse	n	Korrelations-koeffizient	Signifikanzschwelle bei 5 % | 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit		Signifikanz
Deutsche Landrasse	33	+ 0,1289	0,3494	0,4487	nicht signifikant
Piétrain	34	- 0,1831	0,3494	0,4487	" "
Deutsches Weideschwein	49	- 0,0599	0,2875	0,3721	" "
Mangalitza	21	+ 0,3166	0,4329	0,5368	" "
Zwergschwein	37	+ 0,2161	0,3246	0,4128	" "

Tabelle 22
Prüfung der Korrelation zwischen der Kernzahl und der Faserdicke der linken Kammermuskulatur

Rasse	n	Korrelations-koeffizient	Signifikanzschwelle bei 5 % | 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit		Signifikanz
Deutsche Landrasse	33	- 0,3894	0,3494	0,4487	signifikant
Piétrain	34	- 0,2760	0,3494	0,4487	nicht signifikant
Deutsches Weideschwein	49	- 0,4606	0,2875	0,3721	hoch signifikant
Mangalitza	21	- 0,5613	0,4329	0,5368	" "
Zwergschwein	37	- 0,5766	0,3246	0,4182	" "

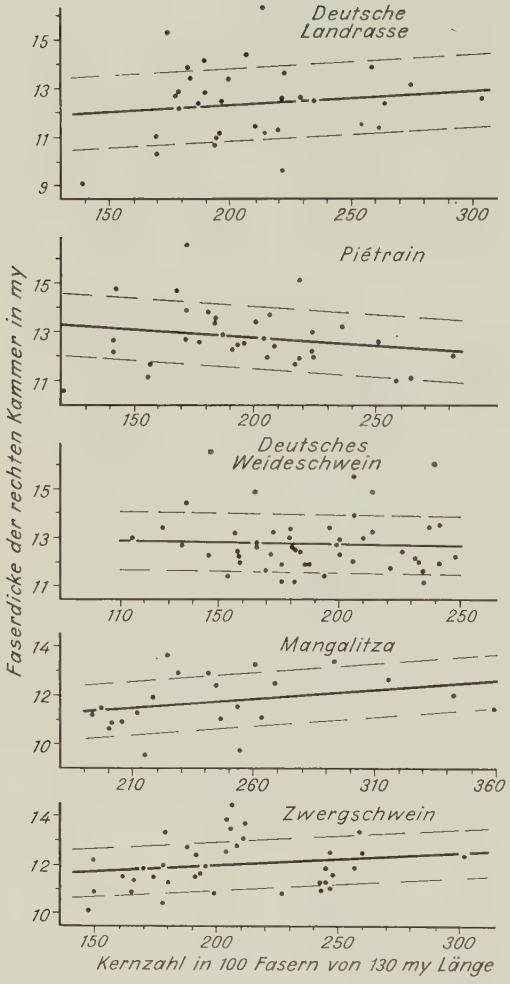

Abb. 4 Korrelation zwischen der Kernzahl und der Faserdicke der rechten Herzkammer

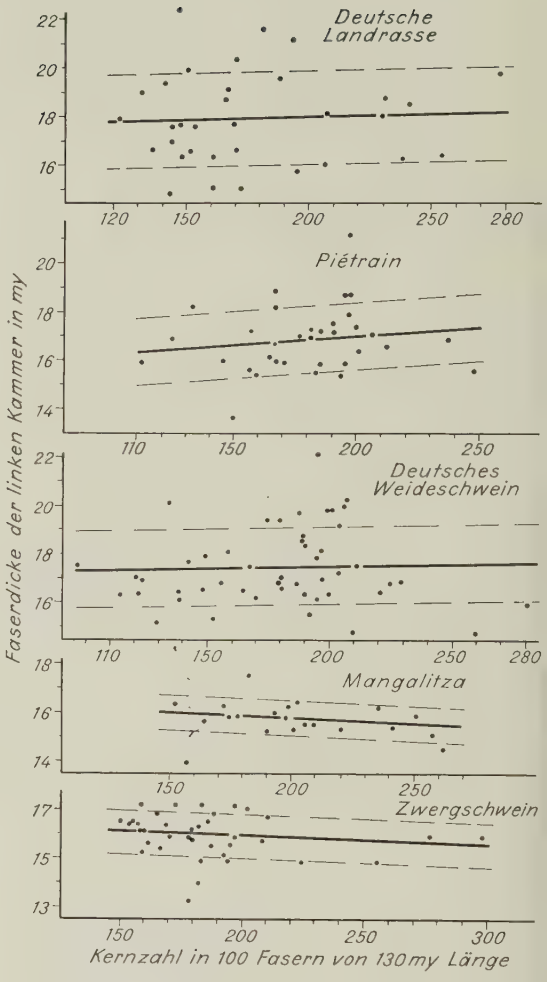

Abb. 5. Korrelation zwischen der Kernzahl und der Faserdicke der linken Herzkammer

III. Diskussion

Das Wachstum von Organen ist abhängig von der Rasse, dem Alter, dem Geschlecht, der Haltung und der Fütterung der Tiere.

Bei diesen vergleichenden Untersuchungen am Herzen brauchten Alter, Haltung und Fütterung nicht berücksichtigt zu werden, da für alle Schweine diese Bedingungen konstant gehalten worden sind. Die geschlechtsbedingten Unterschiede, das relative Herzgewicht war bei den kastrierten Ebern niedriger als bei den Sauen, konnten bei den vorliegenden Untersuchungen vernachlässigt werden.

Von Einfluß auf die Entwicklung des Herzens ist dagegen die *Rasse*. Es ist bei Schweinen bekannt, daß das Wachstum des Herzens nicht der Zunahme des Körpergewichtes entspricht (Illy, 1924; Renk, 1951). Entsprechend den oben gegebenen Rassendefinitionen entsprechen die Schweine der Deutschen Landrasse, die Piétrain-Schweine sowie die Zwergschweine einem frühreifen Typ, Deutsches Weideschwein und vor allem das Mangalitza-Schwein

dem Typ des spätreifen Speckschweines (Haring, 1961). Prüft man unter diesen Gesichtspunkten die *absoluten Gewichte* der *Herzen* der 205 Tage alten Schweine, so ergab sich, daß die Herzen der Schweine der Deutschen Landrasse durchschnittlich 335 g, der Piétrain-Schweine 273 g, der Deutschen Weideschweine 319 g, der Mangalitza-Schweine 213 g und der Zwergschweine 122 g wogen.

Diese Werte sind aber wenig aussagekräftig, da erstens die Körperentwicklung der Rassen unterschiedlich ist und zweitens die Gewichtsbestimmungen am Herzen infolge der Schwierigkeiten beim Absetzen von den großen Gefäßen ungenau sind. Daher ist von Linzbach (1950) und von Hort (1953) beim Menschen vorgeschlagen und durchgeführt worden, das Kammergewicht als vergleichbaren Wert zu diskutieren. Die Anwendung des Kammergewichtes bei den untersuchten Schweinen hat dementsprechend auch eine Einengung der Variationsbreiten und eine Erhöhung der Signifikanzen ergeben.

Um die unterschiedliche Körperentwicklung bei einem Vergleich der Rassen berücksichtigen zu können, wurde das *Kammergewicht* auf das *Körpergewicht (relatives Kammergewicht)* umgerechnet. Daraus ergab sich, daß im Mittelwert die Schweine der Deutschen Landrasse ein relatives Kammergewicht von 2,8, die Piétrain-Schweine von 2,7, die Deutschen Weideschweine von 2,4, die Mangalitza-Schweine von 2,3 und die Zwergschweine von 2,8 g/kg Körpergewicht hatten. Dabei besteht zwischen dem Körpergewicht und dem relativen Kammergewicht die Korrelation, daß bei allen fünf Rassen mit steigendem Körpergewicht das relative Kammergewicht abnimmt.

In diesen an sich vergleichbaren Werten des relativen Kammergewichtes bezogen auf das Körpergewicht ist aber noch nicht berücksichtigt, daß bei Schweinen im ganz erheblichen und auch unterschiedlichen Maße die Entwicklung des Speckes zum Körpergewicht beiträgt. Dietlen (1926) stellte in seinen Untersuchungen fest, daß beim Menschen die Herzgröße wohl von der Entwicklung der Körpermasse abhängig ist, daß jedoch nicht die Masse an sich, sondern die Entwicklung der Skelettmuskulatur maßgebenden Einfluß ausübt. Um dieser Schwierigkeit zu entgehen, haben Glaus (1958) und Stünzi, Teuscher und Glaus (1959) versucht, die Körperlänge als Bezugssystem einzuführen.

Als Bezugssystem kann aber auch die *Muskelmasse* eingeführt werden. Das ist bei Schlachtschweinen durch Wägung und Addition der handelsüblich zerlegten Fleisch- und Knochenanteile von Kamm, Schulter und Kotelett sowie des entbeinten Schinkens und des Filets möglich. Der sich ergebende *theoretische Fleischanteil* ist ein gut vergleichbarer Index für die vorhandene Muskelmasse.

Wurde auf diesen *theoretischen Fleischanteil* das *Kammergewicht* umgerechnet, ergaben sich folgende Mittelwerte: Schweine der Deutschen Landrasse 15,7, Piétrain-Schweine 13,3, Deutsche Weideschweine 17,4, Mangalitza-Schweine 17,5 und Zwergschweine 21,0 g/kg Fleischanteil. Daraus wird deutlich, daß bei den frühreifen Schweinen der Deutschen Landrasse und bei den Piétrain-Schweinen die Herzen im Vergleich zur Skelettmuskelmasse kleiner sind als bei den verhältnismäßig spätreifen Deutschen Weideschweinen und den Mangalitza-Schweinen. Die größten relativen Kammergewichte in Bezug auf die Muskelmasse haben die Zwergschweine.

Da im Schrifttum keine Angaben darüber zu finden sind, wie beim Schwein an der *Zusammensetzung des Kammergewichtes rechte* und *linke Kammer* beteiligt sind, wurde dieses Verhältnis mitbestimmt. Dabei ergaben sich für alle fünf untersuchten Schweinerassen annähernd gleiche Werte. Der freie Anteil der rechten Kammer am Kammergewicht bewegte sich zwischen 22,3 und

23,9 %. Mittelwerte, die etwa denen entsprechen, die Hort für das erwachsene menschliche Herz (1953) und für das Katzenherz ermittelt hat (1955).

Der Vergleich der im Schrifttum angegebenen und der ermittelten Faserdicken wird dadurch erschwert, daß die Faserdicken methodisch unterschiedlich gemessen worden sind. Eine direkte Messung haben nur Werner (1910), Renk (1951), Schiebler (1953), Gartenmann (1960) und Michel (1963 u. 1966) durchgeführt, wobei bei diesen Angaben zu berücksichtigen ist, daß die Muskelfasern aus unterschiedlichen Stellen des Myokards stammen. Nicht berücksichtigt ist dabei auch der Einfluß einer eingetretenen oder gelösten Totenstarre und weiterhin die verschieden starke Schrumpfung des histologischen Materials infolge der unterschiedlichen Fixierungsmethoden.

Im allgemeinen werden nur Faserdicken des linken Ventrikels angegeben, die nach Schiebler (1953) und Gartenmann (1960) 10 μm nicht wesentlich überschreiten sollen. Höhere Werte werden dagegen von Werner (1910) mit 12—24 μm und von Renk (1951) mit 7 μm bei Jungtieren und 17 μm bei älteren Tieren angegeben. Michel (1963) gibt sogar die Faserdicke der rechten Herzkammer bei Schlachtschweinen mit 17,7 μm an.

Die an unserem Schweinematerial nach Lösung der Totenstarre ermittelten *Faserdicken* ergaben für die rechte Herzkammer bei Schweinen der Deutschen Landrasse 12,4 μm, bei Piétrain-Schweinen 12,8 μm, bei Deutschen Weideschweinen 12,7 μm, bei Mangalitza-Schweinen 11,7 μm und bei Zwergschweinen 12,0 μm, für die linke Herzkammer bei den gleichen Rassen 18,0, 16,8, 17,4, 15,8 und 15,9 μm. Die Faserdicken unterschieden sich bei allen fünf Rassen nur geringfügig, wobei die Fasern in der rechten Herzkammer signifikant dünner als in der linken waren. Dabei ist zu beachten, daß sowohl in der rechten und noch deutlicher in der linken Herzkammer die Faserdicke mit dem betreffenden Kammergewicht zunimmt.

Die anschließend durchgeführte Bestimmung der *Kernzahlen* wird als Indikator für die Kern-Plasma-Relation benutzt. Bei Jungtieren erscheint das Myokard kernreicher, da die Fasern dünner sind. Bei Schlachtschweinen fällt stets im Myokard eine Vielgestaltigkeit der Zellkerne auf, wobei Kernreihen als Ausdruck für amitotische Kernteilungen vorkommen. Diese Kernreihen werden von Fischer (1943) als normale Arteigentümlichkeit des Schweines und von Renk (1951) als Ausdruck einer für das Schwein artspezifischen Wachstumsreaktion des Myokards gedeutet, die sich bei erwachsenen Schweinen wieder verliert. Schulz (1958) und Michel (1963) sehen die Kernketten als Anpassungserscheinung an. Michel weist darauf hin, daß diese Veränderungen nicht durch Erkrankungen des Myokards, sondern als Folge der übersteigerten Beanspruchung in der Hochleistungszucht hervorgerufen werden, die sich nach Abschluß des Wachstums, wie bei Zuchtsauen, wieder verlieren. Dagegen sollen nach Gartenmann (1960) die Kernreihen nur bei älteren Schweinen, besonders aber im krankhaft veränderten Myokard, vorkommen.

Da bei den untersuchten 205 Tage alten Schweinen aller Rassen gleichfalls Kernketten sowie eine ausgeprägte Kernpolymorphie im Myokard vorkamen, erschien es interessant, die Verhältnisse bei den fünf Rassen über die Anzahl der Kerne im Myokard zu untersuchen. Daraus ergab sich, daß das Myokard der rechten Kammer im Mittelwert mit 189—246 Kernen in 100 Faserabschnitten von 130 μm Länge mehr Kerne zeigte als das Myokard der linken Kammer mit 177—202 Kernen im Mittelwert. Weiterhin zeigte sich, daß bei Schweinen der Deutschen Landrasse, bei den Piétrain-Schweinen, den Deutschen Weideschweinen und den Zwergschweinen in der rechten und linken Kammer etwa vergleichbare Kernzahlen vorkamen. Lediglich das Mangalitza-Schwein hatte erhöhte Kernzahlen, wobei der Unterschied in der rechten Herz-

kammer sogar signifikant war. Ein Befund, der dafür sprechen kann, daß bei Mangalitza-Schweinen als Tiere einer spätreifen Rasse noch ein jugendlicheres Stadium der Herzentwicklung vorliegt.

Die Prüfung der *Korrelation* zwischen *Kernzahl* und *Faserdicke* ergab, daß zwischen Kernzahl und Faserdicke keine signifikante Beziehung bestand. Daraus läßt sich schließen, daß bei unserem Material auch bei einer Zunahme der Faserdicke die Zahl der Zellkerne konstant geblieben ist und somit bei zunehmender Faserdicke die Plasmafläche je Kern zunimmt. Die Prüfung der Flächengrößen wies aus, daß bei Schweinen der Deutschen Landrasse in der rechten Herzkammer auf jeden Zellkern des Myokards 786 (linke Herzkammer 1377), bei Piétrain-Schweinen 878 (1255), bei Deutschen Weideschweinen 902 (1326), bei Mangalitza-Schweinen 637 (1040) und bei Zwergschweinen 781 μm^2 (1128 μm^2) Plasmafläche entfielen.

Nach den Untersuchungen von Linzbach (1947 u. 1950) und Hort (1953) gilt beim Menschen, daß bis zum kritischen Kammergewicht die Zahl der Zellkerne konstant bleibt und daß erst darüber hinaus eine Vermehrung der Kerne im Sinne einer echten Hyperplasie einsetzt (Henschel, 1952). Wird diese Feststellung auf die Ergebnisse an den untersuchten Schweineherzen übertragen, würde das bedeuten, daß bei allen Tieren sich die Herzen innerhalb des physiologischen Normalbereiches befinden.

Herz- und Kreislauffunktionsstörungen sind bei Schweinen häufige Erkrankungen mit einer hohen Mortalität. Die Kreislauffunktionsstörungen werden vor allem bei hochgezüchteten, schnellwüchsigen Schweinerassen, wie bei den Piétrain-Schweinen und den Schweinen der Deutschen Landrasse beobachtet. Andere spätreife Rassen sind davon weniger betroffen.

Die Anfälligkeit dieser Schweinerassen für Kreislaufstörungen wird auf das ungünstige relative Herzgewicht, die schlechte subendokardiale Blutversorgung des Myokards (Rickert, 1955; Griem, 1956), ein verhältnismäßig grobmaschiges Blutgefäßsystem (Kadar, 1956) und ein ungünstiges Verhältnis zwischen Systolen- und Diastolendauer (Spörri, 1954; v. Engelhardt, 1963) zurückgeführt.

Von diesen vier Faktoren sind durch morphologische Untersuchungsmethoden Herzgewicht und Muskelfaserdicke überprüfbar. Dabei war es bei unseren Untersuchungen interessant festzustellen, ob sich für diese Kriterien konstitutionelle Unterschiede zwischen den Rassen ergeben.

Im Verhältnis zu anderen Tierarten mit einem relativen Herzgewicht von etwa 1 % des Körpergewichtes (Pferd und Hund) ist bei Schlachtschweinen das relative Herzgewicht mit 0,3 % des Körpergewichtes sehr klein. Dabei bestehen Unterschiede in der Größe des Herzens zwischen den einzelnen Rassen. Die funktionelle Bedeutung des Herzgewichtes ergibt sich daraus, daß kleinere Herzen für Funktionsstörungen anfälliger sind. Die Relation zwischen Herzgewicht und Körpergewicht ist bei Schweinen, bedingt durch unterschiedlichen Speckansatz, wenig aussagekräftig. Wird dagegen der theoretische Fleischanteil als Bezugssystem für die Herzgröße eingeführt, treten die Rassenunterschiede deutlicher hervor. Dabei wird gleichzeitig durch den theoretischen Fleischanteil als Indikator für die vorhandene Muskelmasse auch die Belastung des Herzens durch die mit Blut zu versorgende Skelettmuskulatur mit einbezogen. Danach besitzen die schnellwüchsigen Schweine der Deutschen Landrasse und noch mehr die Piétrain-Schweine kleinere Herzen im Verhältnis zur Skelettmuskulatur als die verhältnismäßig spätreifen Deutschen Weideschweine und Mangalitza-Schweine. Die relativ größten Herzen kommen bei den Zwergschweinen vor. Die geringe Belastungsfähigkeit des Herzens bei

Piétrain-Schweinen und Schweinen der Deutschen Landrasse ergibt sich somit aus der relativen Kleinheit der Herzen dieser Rassen.

Der Stoffwechsel innerhalb des Myokards wird von zwei Faktoren bestimmt. Durch die Kompression der tiefen, innerhalb des Myokards gelegenen Herzgefäße in der Systole (Kadar, 1963) ist die Versorgung mit Sauerstoff nur in der Diastole möglich. Das Schwein ist aber gekennzeichnet durch eine kurze Diastole, so daß schon eine leichte Tachykardie genügen kann, um die Versorgung des Myokards zu gefährden (Spörri, 1954; v. Engelhardt, 1963; Thielscher, 1966).

Der zweite, auch morphologisch erfaßbare Faktor, der die Leistungsfähigkeit des Myokards beeinflußt, ist die Herzmuskelfaserdicke. Dickere Muskelfasern sind dünneren Fasern gegenüber in der Diffusion von Stoffwechselprodukten benachteiligt, da die den Austausch bestimmende Faseroberfläche bei den dickeren Fasern im Verhältnis zum Faservolumen relativ kleiner ist als bei den dünneren Fasern. So kann die Muskelfaserdicke ein Kriterium für die Leistungsfähigkeit des Myokards sein. Das gilt besonders bei der Hypertrophie des Herzens, die mit einer Vergrößerung bzw. Verdickung der Herzmuskelfasern einhergeht (Wendt, u. Hesse, 1947; Linzbach, 1947 u. 1950; Hort, 1951 u. 1953; Holle, 1967).

Die weitgehende Übereinstimmung der Muskelfaserdicken bei den untersuchten Schweinen sowie die Überprüfung der Korrelation zwischen Kernzahl und Faserdicke hat ergeben, daß bei allen Tieren sich die Herzen im physiologischen Normalbereich befinden. Die Faserdickenmessungen haben gezeigt, daß die Schweine aller fünf untersuchten Rassen mit in der linken Kammerwand im Mittel 15,8—18,0 μm dicken Fasern gegenüber anderen Tierarten mit dünneren Fasern (Scheele, 1957 [Hund]; Michel, 1966 [Rind]) in der oberflächenabhängigen Diffusion benachteiligt sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich bei den untersuchten Schweinen noch um Jungtiere handelt, deren Herzmuskelfasern aber schon dicker sind als die Fasern bei erwachsenen Tieren anderer Tierarten, daher im Stoffwechsel träger reagieren und eine geringere Belastungsfähigkeit aufweisen.

Zusammenfassend ergibt sich aus den Untersuchungen, daß das Schwein infolge seiner niedrigen relativen Herzgewichte und der großen Dicke der Herzmuskelfasern für Myokardinsuffizienzen prädisponiert ist. Die besondere Anfälligkeit der Schweine erklärt sich aus dem besonders niedrigen relativen Herzgewicht in Bezug auf die mit Blut zu versorgende Körpermuskelmasse, die durch die Einführung eines theoretischen Fleischanteils dargestellt worden ist.

Zusammenfassung

Es wurden insgesamt 174 Herzen von Schweinen der Deutschen Landrasse, Piétrain-Schweinen, Deutschen Weideschweinen, Mangalitza-Schweinen und Zwergschweinen im Alter von 205 Tagen untersucht.

Die Gewichtsbestimmungen erstreckten sich auf die Feststellung und statistische Auswertung der Herzgewichte, der Kammergewichte, der Gewichte der linken Kammer einschließlich des Septums und der Gewichte des freien Anteils der rechten Kammern. Die Gewichte wurden in Beziehung zum Körpergewicht und zur Skelettmuskelmasse (theoretischer Fleischanteil) gesetzt. Die Untersuchungen bestätigten, daß Schweine ein niedrigeres relatives Herzgewicht als andere Tierarten aufweisen, und ergaben, daß bei Schweinen der Deutschen Landrasse und bei Piétrain-Schweinen das Herz weniger bela-

stungsfähig ist, da es im Verhältnis zur Skelettmuskelmasse kleiner ist als bei den anderen untersuchten Rassen.

Durch die histometrischen Untersuchungen wurde die Herzmuskelfaserdicke, die Anzahl der Zellkerne und die Plasmafläche je Zellkern bestimmt. Die Untersuchungen ergaben, daß sich die untersuchten Herzen im physiologischen Normalbereich befanden. Die größere Dicke der Herzmuskelfasern bei Schweinen gegenüber anderen Tierarten prädisponiert Schweine für ein kardiales Kreislaufversagen.

Summary

Weight, fibre thickness and number of nuclei in heart muscle and their relation to bodyweight and skeletal muscle weight in 205-day-old pigs of five breeds

The hearts from 174 pigs, 205 days old, from five different breeds were studied — German Landrace, Pietrain, German Weideschwein, Mangalitza and Dwarf pigs.

The weight measurements extended to the statistical evaluation of heart weight, ventricular weight, weight of the left ventricle including the septum, and weight of the free section of the right ventricle. The weights were considered in relation to bodyweight and skeletal muscle mass (calculated). The results confirm that pigs have a smaller relative heart weight than other species and that pigs of the German Landrace and Pietrain breeds have less resistant hearts, in that they are smaller in relation to skeletal weight, than the other breeds.

Heart muscle fibre thickness, number of nuclei and cytoplasmic surface area of the nuclei were all studied histometrically. The results show that the hearts fall within the normal range. The greater thickness of the heart muscle fibres in pigs compared with other species predisposes this species to cardiac circulatory failure.

Résumé

Poids, épaisseur des fibres et nombre des noyaux du muscle cardiaque et leurs relations avec le poids du corps et la masse des muscles squelettiques chez des porcs de 5 races différentes, âgés de 205 jours

On examine au total 174 coeurs de porcs de la race allemande du pays, de porcs piétrains, de porcs allemands des pâturages, de porcs Mangalitza et de porcs nains, âgés de 205 jours.

Dans les déterminations du poids sont comprises la pesée des coeurs et des ventricules et leur évaluation statistique, la pesée du ventricule gauche avec la cloison et la pesée de la partie libre du ventricule droit. Les poids sont mis en relation avec le poids du corps et la masse des muscles squelettiques (partie carnée théorique). Les exames prouvent que le coeur du porc pèse relativement moins que celui des autres espèces animales. Ils montrent également que le coeur des porcs de la race allemande du pays et des porcs piétrains est moins résistant, du fait qu'il est plus petit par rapport à la masse des muscles squelettiques, que chez les autres races examinées.

On procède à des analyses histométriques, pour déterminer l'épaisseur des fibres musculaires cardiaques, le nombre des noyaux cellulaires et la surface cytoplasmique par noyau cellulaire. Les recherches montrent que les coeurs examinés se trouvent dans la norme physiologique. Les fibres musculaires cardiaques, plus épaisses chez les porcs que les autres espèces animales, prédisposent ceux-ci à une défaillance circulatoire cardiaque.

Resumen

Pesos, espesores de las fibras y cantidad de núcleos del músculo cardíaco y sus relaciones con el peso corporal y la masa muscular esquelética en cerdos de 205 días de edad, pertenecientes a 5 razas

Se examinó un total de 174 corazones de cerdos de las razas Alemana rural, Piétrain, Alemana de dehesa, Mangalitza y enana, al alcanzar los 205 días de edad.

Las valoraciones ponderales se extendían a la comprobación y valoración estadística de los pesos de los corazones, de los ventrículos, de los ventrículos izquierdos incluido el tabique, y de los de la parte libre de los ventrículos derechos. Los pesos se relacionaron con el peso corporal y con la masa muscular esquelética (porción teórica de carne). Los estudios confirmaron que los cerdos tienen un peso cardíaco relativo más bajo que las otras especies animales, apreciándose que en los cerdos de las razas Alemana rural y Piétrain el corazón admite menos recargos, ya que en proporción con la masa muscular esquelética es menor que en las demás razas examinadas.

Por medio de estudios histométricos se analizaron el espesor de la fibra del músculo cardíaco, el número de núcleos celulares y la superficie plasmática por cada núcleo celular.

Los estudios tuvieron por resultado que los corazones examinados se hallaban dentro del margen fisiológico normal. El espesor mayor de las fibras musculares cardíacas en cerdos frente a otras especies animales predispone al cerdo para un fracaso circulatorio cardíaco.

Literaturverzeichnis

Cavalli-Sforza, L., 1969: Biometrie. Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik. 2. Aufl. Fischer, Stuttgart.

Cohrs, P., 1940: Veränderungen der Skelettmuskulatur beim plötzlichen Herztod der Schweine. Dtsch. tierärztl. Wschr. **48**, 292—294.

Dietlen, H., 1926: Herzgröße, Herzmeßmethoden, Anpassung, Hypertrophie, Dilatation, Tonus des Herzens. In: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Bd. VII/1, Springer, Berlin.

Engelhardt, W. v., 1963: Untersuchungen am Schwein über die Systolen- und Diastolendauer des Herzens und über den Blutdruck in der Ruhe und während der Erholung nach körperlicher Belastung. Zbl. Vet. Med., A, **10**, 39—50.

Fischer, E., 1943: Kernreihen in den Herzmuskelfasern des Schweines. Dtsch. tierärztl. Wschr. / Tierärztl. Rdsch. **51/49**, 104—105.

Gartenmann, W., 1960: Messungen an Fasern und Kernen im Myokard des Schweines. Vet. med. Diss. Zürich.

Glaus, A., 1958: Systematische und statistische Untersuchungen am Schweineherz. Vet. med. Diss. Zürich.

Griem, W., 1956: Ein Beitrag zu den pathologisch-anatomischen Veränderungen des Herzens beim enzootischen Herztod. Mh. Vet. med. **11**, 245—248.

Haring, F., 1961: In: Hammond, J., I. Johansson und F. Haring, Handbuch der Tierzüchtung, Bd. III/2, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Henschel, E., 1952: Über Muskelfasermessungen und Kernveränderungen bei numerischer Hyperplasie des Myokards. Virchows Arch. path. Anat. **321**, 283—294.

Holle, G., 1967: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie. VEB Fischer, Jena.

Holub, A., J. Filka, D. Jezkova und D. Padalikowa, 1966: Zur postnatalen Entwicklung des Blutkreislaufes bei Ferkeln. Arch. exp. Vet. med. **20**, 1027—1034.

Hort, W., 1951: Morphologische und physiologische Untersuchungen an Ratten während eines Lauftrainings und nach dem Training. Virchows Arch. path. Anat. **320**, 197—237.

Ders., 1953: Quantitative histologische Untersuchungen an wachsenden Herzen. Virchows Arch. path. Anat. **323**, 223—242.

Ders., 1955: Morphologische Untersuchungen an Herzen vor, während und nach der postnatalen Kreislaufumschaltung. Virchows Arch. path. Anat. **326**, 458—484.

Illy, G., 1924: Beiträge zur Kenntnis der Maß- und Gewichtsverhältnisse des Rinder- und Schweineherzens. Vet. med. Diss. Budapest.

Kadar, F., 1956: Topographische Beziehungen zwischen arteriellen und venösen Kranzgefäßen des Herzens. Anat. Anz. **103**, 112—115.

Ders., 1963: Die topographischen Verhältnisse zwischen Gefäßen und Muskelfasern des Herzens. Anat. Anz. **113**, 381—386.
Linzbach, A. J., 1947: Mikrometrische und histologische Analyse hypertropher menschlicher Herzen. Virchows Arch. path. Anat. **314**, 534—594.
Ders., 1950: Die Muskelfaserkonstante und das Wachstumsgesetz der menschlichen Herzkammern. Virchows Arch. path. Anat. **318**, 575—618.
Michel, G., 1963: Zum Bau der Herzmuskulatur bei Haus- und Wildschweinen. Zbl. Vet. Med., A, **10**, 381—396.
Ders., 1966: Zum Bau der Herzmuskulatur bei Rind und Schwein. Arch. exp. Vet. med. **20**, 105—110.
Renk, W., 1951: Zur Kernkettenbildung in den Herzmuskelfasern und zur Hypertrophie des Herzens beim Schwein. Dtsch. tierärztl. Wschr. **58**, 385—387.
Renk, W., 1952: Diagnose und Differentialdiagnose des enzootischen Herzschlags der Schweine. Mh. prakt. Tierhk. **4**, 1—26.
Rickert, J., 1955: Blutversorgung des Schweineherzens. Vet. med. Diss. Hannover.
Scheele, R., 1957: Querschnittsmessungen von Herzmuskelfasern bei Schwein, Pferd und Hund im Hinblick auf einen ursächlichen Zusammenhang mit dem plötzlichen Herztod des Schweines. Vet. med. Diss. München.
Schiebler, T. H., 1953: Herzstudie. I. Histochemische Untersuchung der Purkinjefasern bei Säugern. Z. Zellforsch. **39**, 152—167.
Schröder, F., 1921: Die Größenverhältnisse am Herzen beim Schwein und Schaf und über den Einfluß der Kastration auf die Entwicklung des Herzens. Vet. med. Diss. Leipzig.
Schulz, L.-Cl., 1958: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Herzmuskulatur des Schweines unter besonderer Berücksichtigung der sogenannten Kernreihen-Bildung. Dtsch. tierärztl. Wschr. **65**, 117—122.
Semmler, A., 1913: Untersuchungen über Größenverhältnisse von Herz und Lunge gegenüber Größe, Lebend- und Schlachtgewicht bei zwei verschiedenen Schweinerassen. Vet. med. Diss. Bern.
Solger, B., 1900: Zur Kenntnis und Beurteilung der Kernreihen im Myokard. Anat. Anz. **18**, 115—121.
Spörri, H., 1954: Warum ist das Schwein für den Herztod prädisponiert? Zbl. Vet. Med. **1**, 799—809.
Stünzi, H., E. Teuscher und A. Glaus, 1959: Systematische Untersuchungen am Herzen von Haustieren. 2. Mitt. Schwein. Zbl. Vet. Med. **6**, 640—654.
Thielscher, H.-H., 1966: Der Einfluß eines kontrollierten Lauftrainings auf das Elektrokardiogramm bei Schweinen verschiedener Rassen. Zbl. Vet. Med., A, **13**, 602—618.
Weber, E., 1967: Grundriß der biologischen Statistik. 6. Aufl., Fischer — Stuttgart.
Wendt, L., und H. Hesse, 1947: Vergleichende histologische Messungen an normalen und hypertrophischen Herzen. Virchows Arch. path. Anat. **314**, 294—314.
Werner, M., 1910: Besteht die Herzmuskulatur der Säugetiere aus allseits scharf begrenzten Zellen oder nicht? In: Zimmermann, K. W., Über den Bau der Herzmuskulatur. Arch. Mikrosk. Anat. **75**, 101—148.

Anschrift des Autors: Dr. Bernd Rühl, 1 Berlin 33, Drosselweg 1—3.

Danksagung

Abschließend gilt mein besonderer Dank meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. W. Renk für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit. Herrn Professor Dr. K. Dämmrich bin ich für die Unterstützung bei der Ausführung und Deutung der Untersuchungen zu besonderem Dank verpflichtet.

Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. Dr. h. c. M. Witt, dem Direktor des Max-Planck-Institutes für Tierzucht und Tierernährung Mariensee/Trenthorst, der die Durchführung der Untersuchungen erst ermöglichte und großzügig unterstützte, sowie den Herren Dr. J. Unshelm und Dr. H.-H. Thielscher, Trenthorst, die die Konstitutionsversuche leiteten und mir wertvolle Hinweise geben konnten.

Zu Dank verpflichtet bin ich weiterhin Herrn Professor Dr. F. Haring, dem Direktor des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen, der die Muttersauen der Mangalitza-Schweine und der Zwergschweine zur Verfügung stellte, wodurch die Untersuchungen erst auf diese Rassen ausgedehnt werden konnten.

Für die Überprüfung der statistischen Berechnungen danke ich Herrn Dr. H. Weiss, Abteilung für Biometrie der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin.

Der med.-techn. Assistentin Frl. I. Gölz danke ich für die Hilfe bei der Anfertigung der histologischen Schnitte.

Lebenslauf

Am 5. 1. 1941 wurde ich, Bernd Rühl, als Sohn des Arztes Dr. Ernst Rühl und seiner Ehefrau Ursula geb. Stenzler in Berlin geboren.

Im September 1947 begann ich meine Schulzeit in der Volksschule zu Groß-Schneen bei Göttingen, wohin unsere Familie evakuiert wurde. Ab September 1949 besuchte ich die 8. Grundschule in Berlin-Kreuzberg. Ostern 1953 wurde ich vom Robert-Koch-Gymnasium zu Berlin-Kreuzberg übernommen, welches ich im Februar 1960 mit der bestandenen Reifeprüfung verließ. Im Sommersemester 1960 begann ich an der Ludwig-Maximilians-Universität das Studium der Mathematik. Ich wechselte jedoch das Studienfach und studierte vom Wintersemester 1963/64 bis zum Wintersemester 1967/68 an der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin. Nach bestandenem tierärztlichen Staatsexamen im September 1968 erhielt ich im November 1968 die Bestallung als Tierarzt. Seit Ende 1967 war ich mit der Anfertigung der vorliegenden Arbeit beschäftigt, wobei ich ab März 1968 durch ein Stipendium der Max-Planck-Gesellschaft unterstützt wurde.

Seit September 1969 bin ich als Assistent in der Großtierpraxis des Tierarztes Dr. W. Risch in Obernjesa bei Göttingen tätig.